

УДК 538.61

ВОЗМОЖНОСТИ НУЛЕВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С УЧЕТОМ ОСТАТОЧНОГО РАЗБАЛАНСА РАДИОМЕТРА

С.А. МХИТАРЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 29 марта 2002 г.)

Рассмотрена методика нулевых радиометрических измерений, при которой радиометр балансируется путем инъекции импульсного шумового сигнала через антенный вход. Остаточный разбаланс учитывается при оценке антенной температуры.

1. Введение

Одной из перспективных схем реализации СВЧ радиометра, предназначенных для радиотеплолокации окружающей среды с целью сбора гидрометеорологической информации, является нулевой радиометр, для балансировки которого используется дозированная импульсная инъекция шума через направленный ответвитель в антенный вход радиометра. При надлежащем выборе схемы и методике измерений такой принцип позволяет ввести в радиометр систему петель автоматического регулирования, которые могут свести к минимуму или вовсе устранить влияние дестабилизирующих факторов: таких, как изменение коэффициента передачи приемно-усилительного тракта, кинетической температуры антенно-волноводного тракта, кинетической температуры опорной нагрузки и т.д. Это в свою очередь облегчает тарировку радиометра и тем самым повышает достоверность полученной информации. С другой стороны, появляется возможность отказаться от термостатирования опорной нагрузки входной цепи радиометра, т.к. кинетические температуры этих участков радиометра контролируются и учитываются в ходе радиометрических изменений. Отказ от термостатирования влечет за собой улучшение массогабаритных и энергетических параметров радиометра [1].

Перечисленные достоинства нулевого радиометра с импульсным подшумливанием обеспечиваются тем, что в настоящее время созданы высокотемпературные источники шума, которые достаточно стабильно работают в импульсном режиме.

Радиометр управляется встроенным микропроцессором, который

непосредственно вычисляет значения антенной температуры, а при использовании антенны с низким уровнем боковых лепестков вычисления доводятся до определения значений радиоярких температур. Это достигается тем, что микропроцессор берет на себя управление отдельными узлами радиометра. По его команде вырабатываются все сигналы, управляющие коммутаторами, генераторами шума, коэффициентом передачи приемного тракта, интервалом наблюдения и т.д. Так как после внесения программы и необходимых констант система работает автоматически, без вмешательства оператора, то снимаются все ограничения на сложность методики радиометрических измерений [2-4].

2. Описание и принцип работы радиометра

Принцип работы нулевого радиометра с импульсным подшумливанием иллюстрируется на рис.1. Здесь $Q(t)$ – управляющая функция опорной модуляции, $F(t)$ – функция управления генератора шума, T_a – антенная температура, U – напряжение на выходе синхронного детектора, $\Delta U(t_i)$ – приращение выходного напряжения.

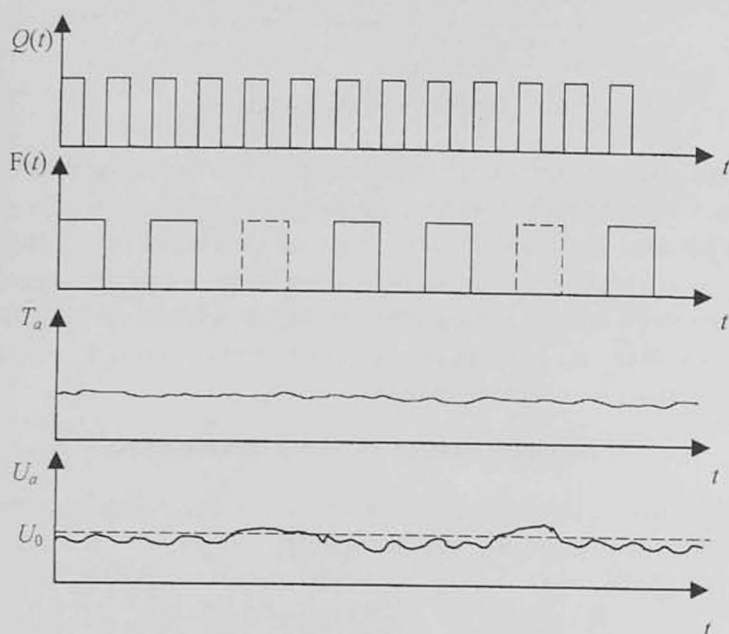


Рис.1. Иллюстрация принципа работы нулевого радиометра.

Основная программа микропроцессора, которая организуется в соответствии с алгоритмом определения T_a , фиксирует окончание текущего интервала наблюдения, производит вычисление значения антенной температуры и опрос термодатчиков. В начале каждого периода опорной модуляции радиометра с управляющей функцией $Q(t)$ проис-

ходит прерывание основной программы программой управления, которая устанавливает границы наблюдения, подсчитывает число импульсов инъекции шума в данном интервале, фиксирует выходные напряжения синхронного детектора в момент смены периодов модуляции, управляет генератором шума.

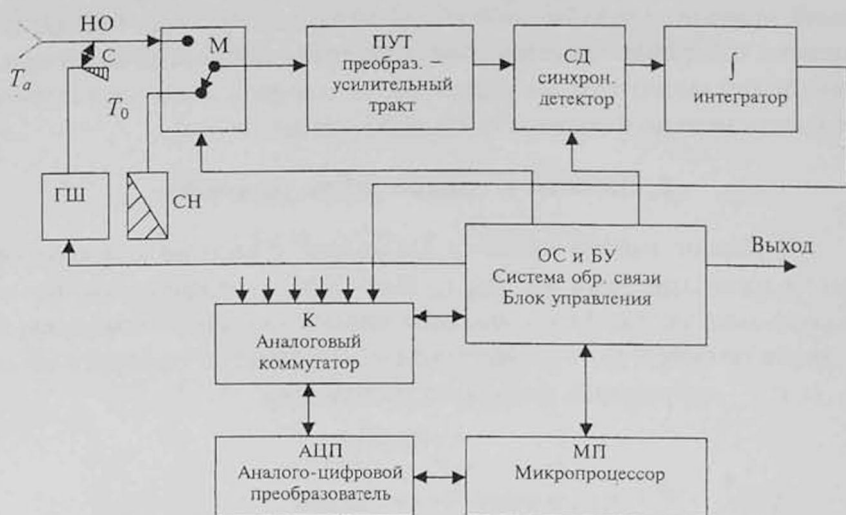


Рис. 2. Структурная схема радиометра.

Структурная схема описываемого радиометра приведена на рис.2. Принимаемый тепловой сигнал с шумовой температурой T_a через направленный ответвитель (НО) поступает на вход модулятора (М). Одновременно с принимаемым сигналом в модулятор поступает шумовой импульс генератора шума, который управляется по закону $F(t)$. Функция $F(t)$ дискретная и принимает два значения: $F(t)=1$ – генератор включен, $F(t)=0$ – генератор выключен.

3. Алгоритм оценки антенной температуры

Антенная температура оценивается по следующему выражению методики оценки антенной температуры [3]:

$$\tilde{T}_a = \frac{\tilde{T}_o - \alpha \tilde{T}_{\text{гш}}}{1 - \alpha} \frac{\Delta \tilde{T}_F}{1 - \alpha N_o} \left[N_i + \frac{\Delta \tilde{U}(t_H, t_K)}{\tilde{U}_o} \right], \quad (1)$$

где $\tilde{T}_o$, $\tilde{T}_{\text{гш}}$, $\Delta \tilde{T}_F$ – оценки величин соответственно опорной температуры модулятора, температуры на выходе включенного генератора шума и перепада при его переключении, приведенного к выходу направленного ответвителя, N_i – число импульсов инъекции в интервале наблюдения $[t_H, t_K]$, N_o – число периодов модуляции в интервале наблюдения, $\Delta \tilde{U}(t_H, t_K)$ – оценка приращения напряжения на входе интегратора, $\tilde{U}_o$ –

– оценка ширины диапазона изменений напряжения интегратора при отсутствии шума и при постоянном значении антенной температуры.

При неизменной антенной температуре выходное напряжение интегратора U_o линейно связано с коэффициентом передачи приемно-усилительного тракта. Это позволяет использовать в качестве тестового сигнала сигнал генератора шума, провести текущий контроль коэффициента передачи приемно-усилительного тракта, с последующим учетом в оценке T_a . Для этого достаточно измерять U_o в начале каждого интервала наблюдения.

Напряжение U_o оценивается по следующему алгоритму. Весь интервал наблюдения $[t_H, t_K]$ разбивается на M малых интервалов измерения, где управляющая функция меняет состояние лишь один раз, причем каждое из значений $F(t) = 0, F(t) = 1$ присутствует только на одном периоде модуляции. При каждом интервале измерения определяется величина U_o , а потом результаты усредняются по всему интервалу $[t_H, t_K]$. Оценка $\tilde{U}_o$ производится по следующей формуле:

$$\tilde{U}_o = \frac{\tau}{M} \left\{ \sum_{k=2}^{m-1} \left[\frac{2F(t_k)-1}{t_k-t_{k-1}} - \frac{2F(t_k)-1}{t_{k+1}-t_k} \right] U(t_k) - \frac{2F(t_1)-1}{t_2-t_1} U(t_1) + \frac{2F(t_m)-1}{t_m-t_{m-1}} U(t_m) \right\}, \quad (2)$$

где τ – период модуляции, t_k – моменты времени в порядке возрастания, при которых $F(t)$ меняет значение или происходит смена интервала наблюдения $[t_H, t_K]$.

Антенная температура оценивается по формулам (1) и (2). Можно показать, что дисперсия погрешности оценки антенной температуры $\delta \bar{T}_A^2$ определяется соотношением

$$\delta \bar{T}_A^2 = \frac{\Delta T_r^2}{(1-\alpha)^2 \Delta t} + \frac{\Delta T_F^2}{6(1-\alpha)^2 N_o^2 N_p^2} + \frac{\Delta U_n^2}{U_o^2} + \frac{16B(\rho)I}{3N_o^2 \Delta t^2 (1-\bar{\rho}^2)^2}, \quad (3)$$

$$I = \left[\tau \sum_{j=1}^M \Delta T_{AB_j} \right]^2, \quad \rho = \left| 1 - 2 \frac{T_o - \alpha T_{ГШО} - (1-\alpha)T_a}{\Delta T_F} \right|.$$

– параметры, характеризующие вклад в погрешности вследствие изменения антенной температуры и насыщения радиометра. Здесь ΔT_r – температурное разрешение радиометра, ограниченное шумами приемника и случайностью измеряемого сигнала, ΔU_n – ширина динамического диапазона, N_p – число градаций измерителя выходного напряжения интегратора, B – отношение дисперсии напряжения интегратора к этой дисперсии при отсутствии шума, ΔT_{AB_j} – отклонение среднего значения измеряемой температуры на всем выделенном периоде модуляции интервала измерения.

4. Заключение

Как показала дальнейшая эксплуатация данной системы, основная погрешность определяется собственными шумами, т.е. вклад последнего члена в (3) достаточно мал, даже в том случае, если интервал наблюдения охватывает несколько периодов опорной модуляции. Применение данной методики измерения позволяет полностью устранить нестабильность коэффициента передачи приемно-усилительного тракта.

Автор выражает благодарность А.Г.Горелику и Ж.Б.Хачатрян за полезное обсуждение результатов работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.А.Кочеров. Тр. Гос. НИЦИПР, 26, 86 (1986).
2. А.Г.Гулян, Г.А.Двоян, Р.М.Мартirosян, Г.А.Пирумян. Изв. НАН Армении, Физика, 34, 247 (1999).
3. В.А.Иванов, С.А.Кочеров. Тр. Гос. НИЦИПР, 32, 57 (1988).
4. С.А.Кочеров, С.А.Мхитарян. Тр. Гос. НИЦИПР, 32, 115 (1988).

ՋՐՈՅԱԿԱՆ ՌԱԴԻՈՄԵՏՐԱԿԱՆ ՉԱՓՈՒՄՆԵՐԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ՄՆԱՅՈՐԴԱՅԻՆ ԱՊԱԼԱՐՔԻ ՀԱՇՎԱՌՄԱՄԲ

Ս.Ա. ՄԽԻԹԱՐՅԱՆ

Զննարկված է զրոյական ռադիոմետրական չափումների եղանակ, որի դեպքում ռադիոմետրը հավասարակշռվում է անտենայի մուտքին ներարկվող խմպուկների միջոցով: Մնացորդային անհավասարակշռությունը նույնպես մտնում է անտենայի ջերմաստիճանի մեջ:

POSSIBILITIES OF ZERO MEASUREMENTS WITH ALLOWANCE FOR REMNANT MISBALANCE OF THE RADIOMETER

S.A. MKHITARIAN

A zero radiometric measurement technique is considered where the radiometer is balanced by means of a pulsed noise signal injected into the antenna tract. The remnant misbalance is taken into account in estimation of the antenna temperature.